

Avaliação da eficiência do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico utilizando ozônio

Evaluation of the efficiency of the combined treatment of leachate of sanitary land and domestic sewage using ozone

Alisson Schons, Luciana Paulo Gomes, Luis Alcides Schiavo Miranda

alissonschons90@gmail.com, lugomes@unisinis.br, lalcides@unisinis.br

Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Av. Unisinis 950, 93022-000 São Leopoldo RS, Brasil

Resumo

Este trabalho teve como objetivo a avaliação da eficiência do tratamento combinado de lixiviado bruto do aterro sanitário de São Leopoldo com esgoto doméstico da estação de tratamento de efluentes da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), por meio de Processos Oxidativos Avançados (POA) com adição de ozônio (O₃). Foram realizados dois ensaios, onde foram tratados em cada um, por bateladas, cem litros de efluentes, testando duas proporções de lixiviado no esgoto, de 2% e 5%, usuais em ETE que operam tratamentos combinados. Cada ensaio foi repetido três vezes, tendo uma duração de cinquenta e quatro horas cada, sendo monitorados os seguintes parâmetros: Demanda Química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Cores Aparente e Verdadeira, Turbidez, Nitrogênio Total, Carbonos Total, Orgânico e Inorgânico e pH. O primeiro ensaio com mistura de 2% de lixiviado ao esgoto doméstico, mostrou-se um tratamento viável, com remoções médias de DBO e DQO de 90% e 91%. Também foram obtidas remoções de cor aparente (92%) e cor verdadeira (98%). Conforme aumentou a concentração de lixiviado no esgoto sanitário (5%), afetaram-se bastante alguns parâmetros de avaliação, principalmente o nitrogênio total, turbidez e DQO. Os resultados obtidos neste estudo, sugerem que a concentração de 2% de lixiviado é a mais indicada para tratamentos combinados de lixiviados e esgotos domésticos.

Palavras-chave: Lixiviado, Processos oxidativos avançados, ozônio.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the efficiency of the combined treatment of leachate from the São Leopoldo landfill with the domestic sewage treatment plant of the Sinos Valley University (UNISINOS) by means of Advanced Oxidation Processes, with addition of ozone (O₃). Two experiments were carried out, in which 100 liters of effluents were treated in each of them, testing two proportions of leachate in the sewage, of 2% and 5%, which are common in ETP that operate combined treatments. The following parameters were monitored: Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand, Apparent and True Colors, Turbidity, Total Nitrogen, Total, Organic and Inorganic Carbons and pH. The first test with a mixture of 2% of leachate with domestic sewage presented viable treatment, with mean removals of BOD and COD of 90% and 91%. Removals of apparent color (92%) and true (98%) were also obtained. As the concentration of leachate in the sanitary sewage increased (5%), some evaluation parameters, mainly total nitrogen, turbidity and COD, were significantly affected. The results obtained in this study suggest that the concentration of 2% of leachate is the best indicated for the combined treatment of domestic leachate and sewage.

Keywords: Leachate, Advanced oxidative processes, ozone.

Introdução

De acordo com o novo relatório da Organização das Nações Unidas, a população mundial já está em torno de 7,2 bilhões de habitantes e chegará em 9,6 bilhões de habitantes em 2050 (UN, 2013). Com esse crescimento populacional verifica-se um aumento na geração de resíduos sólidos urbanos e industriais. A maioria desses resíduos que não é retirada das esteiras em cooperativas de reciclagem, ou é disposta de forma passiva no meio ambiente, ou tem como destinação final adequada a disposição em aterros sanitários.

Dentro de aterros sanitários, processos biológicos, físicos e químicos acontecem, os quais estimulam a degradação dos resíduos e resultam na produção de lixiviados e gases. Os lixiviados de aterros sanitários podem ser definidos como líquidos gerados na degradação de resíduos dispostos e águas pluviais que entram no aterro, gerando um líquido de coloração escura e composição variável que geralmente apresenta elevados teores de matéria orgânica, nitrogênio amoniacal e compostos tóxicos (Gomes, 2006).

Em geral, os lixiviados de aterros sanitários são constituídos principalmente de compostos biodegradáveis e compostos recalcitrantes. Pode ser considerado biodegradável quando é susceptível a decomposição de micro-organismos, os quais podem usar esses compostos como fonte de energia e carbono. Já os compostos recalcitrantes são aqueles que resistem à biodegradação e tendem a persistir e acumular no ambiente. Tais compostos não são considerados tóxicos, mas resistentes ao ataque metabólico e dificilmente são removidos por processos biológicos (Schoenell, 2013).

Da mesma forma que o lixiviado, o esgoto sanitário gerado pelas comunidades precisa também de tratamentos prévios para não impactar o meio ambiente. A precariedade do tratamento dos esgotos sanitários no país, principalmente em pequenas cidades, aliadas à falta de recursos financeiros e planejamento, necessita de apoio tecnológico e científico, sendo motivo de preocupação e atenção. A falta de tratamentos de esgoto sanitário no Brasil tem contribuído para alterar a qualidade das águas nos rios.

O ozônio (O_3) é um gás instável, com elevado potencial de redução (2,07 eV), sendo que essas duas características os tornam atrativo para o tratamento de esgoto sanitário e lixiviado. Preethi et al. (2009), definem a ozonização como um processo de tratamento promissor devido às suas características únicas, como a não geração de lodo, o elevado potencial para remoção de cor e de matéria orgânica em uma única etapa, e a fácil decomposição do ozônio residual.

De acordo com Silva (2009), o poder de oxidação do ozônio aumenta a degradação de uma série de compostos orgânicos encontrados em lixiviados. No entanto, afirma que para que ocorra uma completa degradação dos poluentes, altas doses podem ser necessárias, o que pode tornar o processo economicamente inviável. Diante desse quadro, este trabalho visa à avaliação da eficiência do

tratamento combinado de lixiviado do aterro sanitário de São Leopoldo com o esgoto doméstico da ETE da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), por meio de POA com adição de O₃.

Materiais e métodos

Neste capítulo é apresentada a metodologia do trabalho, a qual seguiu o princípio da experimentação que consiste em um método que utiliza um conjunto de procedimentos que se estabelecem para verificar as hipóteses. A experimentação é realizada em laboratório, onde o próprio pesquisador tem controle total sobre as variáveis, pois o ambiente da experimentação é criado e conduzido pelo pesquisador (Kerlinger, 1974).

Para a realização dos ensaios foi utilizado lixiviado bruto coletado no Aterro Sanitário de São Leopoldo/RS e esgoto doméstico bruto gerado na ETE da Unisinos. Foram realizados dois ensaios (ensaio 1 – 2% de lixiviado e ensaio 2 – 5% de lixiviado ao esgoto), onde foram tratados em cada um, por bateladas, com litros de efluentes. Cada ensaio foi repetido três vezes, com duração de cinquenta e quatro horas cada, sendo monitorados os seguintes parâmetros: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Cor Aparente (CA) e Cor Verdadeira (CV), Turbidez, Nitrogênio Total (NT), Carbonos Total (CT), Orgânico (COT) e Inorgânico (CI) e pH (figura 1).

Os efluentes foram tratados pela unidade piloto de ozonização (figura 1), esta unidade é composta de 1 concentrador de O₂ e 1 gerador de O₃. Utiliza o processo corona, em que se concentra oxigênio do ar e aplica-se sobre ele uma descarga elétrica formando o O₃ e tem a capacidade de produção de 4 a 10 L/min de O₃ com concentração de O₃ entre 14,4 e 36 g/m³.

O lixiviado e o esgoto sanitário tiveram contato com o O₃ através de uma mangueira conectada na saída do gerador de ozônio e no Venturi, utilizando bombas de recirculação para o efluente que operam com uma vazão de 7m³/h. O retorno do lixiviado/esgoto dentro do reservatório após receber o O₃ ocorreu através de uma tubulação perfurada, permitindo assim uma melhor homogeneização do ozônio no efluente. A concentração de ozônio na entrada do Venturi utilizada em todos os ensaios foi de 29 mg O₃/L. Para tanto, a vazão de O₂ foi de 3 L/min.



Figura 1. Unidade piloto de ozonização.

Resultados

Ensaio 1: 98% de esgoto doméstico e 2% de lixiviado

Durante a realização dos ensaios, foi realizada uma caracterização inicial dos efluentes, ou seja, o tempo zero do esgoto doméstico e do lixiviado para se obter a porcentagem de aumento dos parâmetros. A figura 2 mostra que ao adicionar 2% de lixiviado ao esgoto, alguns parâmetros de avaliação tiveram aumento de até 233% (cor verdadeira). Outros parâmetros como o NT e a turbidez, permaneceram constantes.

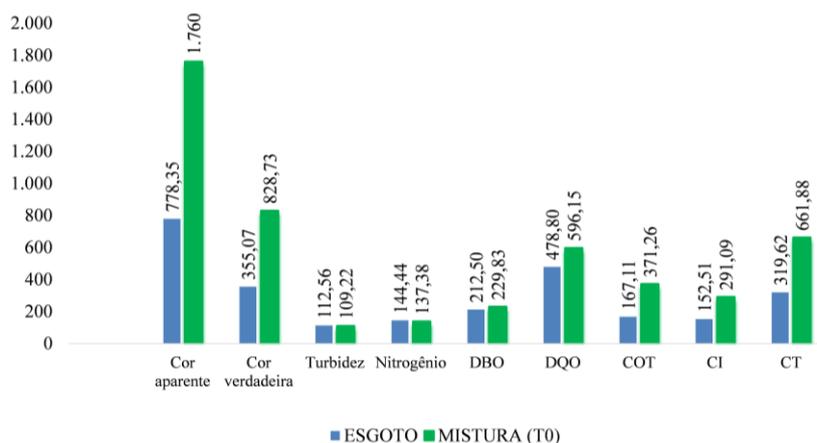


Figura 2. Caracterização inicial do esgoto e da mistura com 2% de lixiviado.

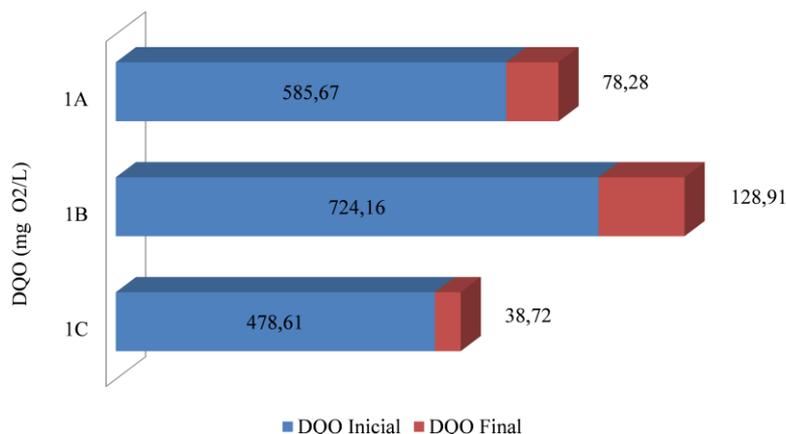


Figura 3. DQO inicial e final.

No parâmetro de DBO foi possível alcançar uma remoção de até 90% no ensaio 1A, tendo observado uma média de remoção de 86,81%. Pouco se diferenciou o parâmetro DQO, que alcançou uma eficiência de até 91,91% no ensaio 1C e média de 86,91% (figura 3).

As remoções de DQO foram semelhantes à eficiência registrada por Albuquerque (2012). O autor também utilizou proporções de 2% de lixiviado ao esgoto sanitário, utilizando o método de lodos ativados em escala de bancada. Com este sistema foi possível alcançar uma remoção de DQO (82%) e DBO (97%). Neste ensaio obteve-se 86,91% e 86,81% respectivamente. A comparação indica pequena vantagem para o processo biológico. Também Turetta (2011), utilizando o método de reatores de lodos ativados em escala de bancada alcançou uma eficiência de remoção de 57% de DQO, adicionando-se 2,5% de lixiviado ao esgoto sanitário. Apesar dos resultados serem mais eficientes neste estudo, é preciso avaliar o tempo de detenção hidráulica do experimento, para que não se inviabilize em escala real.

Além de o O_3 ser eficiente na remoção de matéria orgânica, também apresentou remoções significativas de cor, principalmente para a cor verdadeira, tendo uma média de 92% de remoção. Nos ensaios 1A e 1B as remoções foram superiores a 98%. Já o parâmetro de cor aparente teve uma remoção de até 92% no ensaio 1A e uma média de remoção de 79,89%. Seria possível alcançar uma média de remoção para a cor aparente de 85,38% e cor verdadeira de 94,24%, se o tempo de contato com o O_3 fosse inferior a 30 horas.

De acordo com Niero (2011), os benefícios do O_3 vão além de boas remoções de cor e de matéria orgânica, o O_3 também contribui para a redução do volume de lodo, o que pode refletir na redução dos custos relativos ao transporte e disposição final. Analisando a cor verdadeira, ao final do tratamento apresentou a presença de 32,51, 7,56 e 59,12 mg/L Co/Pt respectivamente. Em relação aos

padrões de lançamento de efluentes, estaria atendendo a Resolução CONAMA n° 357/2005 para lançamento de efluentes em corpos hídricos classificados como Classe II, que exige um lançamento de até 75 mg/L Co/Pt.

Na eficiência de remoção, o O₃ no ensaio 1 e nas condições deste estudo mostrou-se, melhor nas remoções de matéria orgânica (DQO, DBO, COT e CT) e de cor (Verdadeira e aparente). Porém como mostra a figura 4, apresentou índices de remoção de turbidez consideráveis e uma baixa remoção de NT.

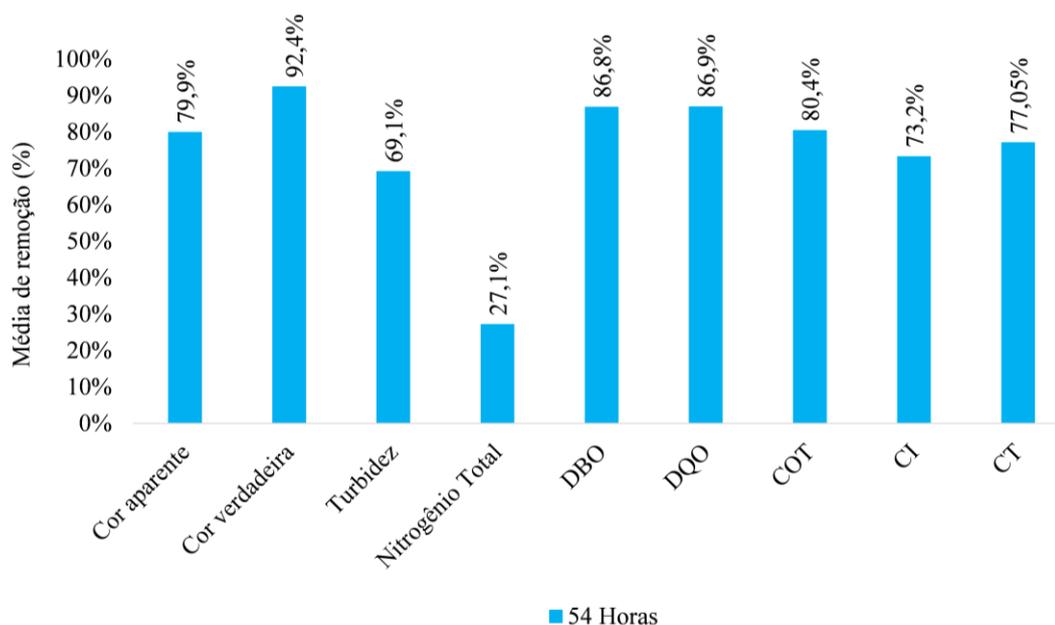


Figura 4. Média de remoção para todos os parâmetros do ensaio 1.

Ensaio 2: 95% de esgoto doméstico e 5% de lixiviado

Foi realizada uma caracterização inicial dos efluentes, ou seja, o tempo zero do esgoto sanitário e do lixiviado, para se obter a porcentagem de aumento dos parâmetros no tempo zero da mistura. A figura 5 mostra que ao adicionar 5% de lixiviado no esgoto, alguns parâmetros de avaliação tiveram aumento de até 707%. Apenas o parâmetro de NT não registrou aumento.

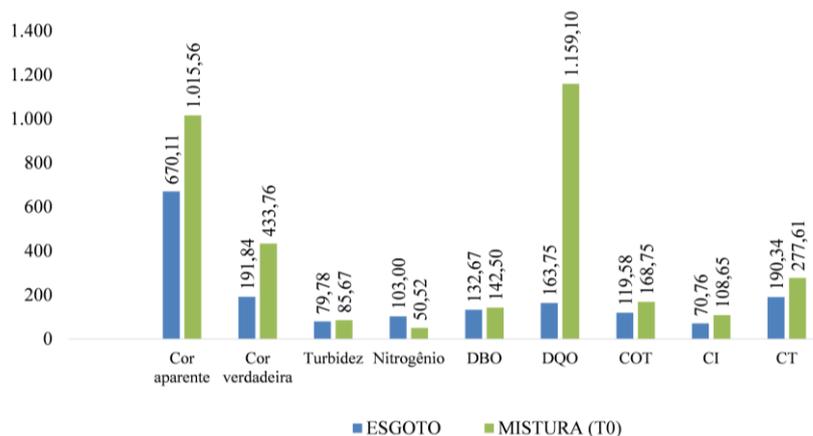


Figura 5. Caracterização inicial dos efluentes no ensaio 2.

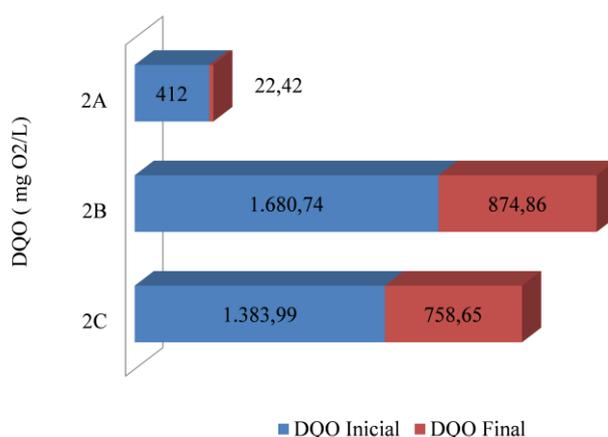


Figura 6. DQO inicial e final.

Ao adicionar-se 5% de lixiviado ao esgoto doméstico, reduziu-se drasticamente a eficiência de remoção em alguns parâmetros. Os parâmetros mais afetados foram a DQO e o NT, tendo uma remoção de 62% e de apenas 4% respectivamente. Em relação à matéria orgânica, foi possível alcançar uma remoção de até 100% de DBO e de até 94,57% de DQO.

A média de remoção de DQO foi de 62,57% (figura 6). Nesse ensaio foi o parâmetro que registrou o maior aumento ao adicionar 5% de lixiviado, tendo um aumento de 707%. Albuquerque (2012) também teve uma baixa remoção de DQO ao adicionar 5% de lixiviado ao esgoto sanitário, mostrando-se inviável tecnicamente em todos os experimentos, com uma eficiência superior ao registrado neste estudo. Alcançou uma média abaixo de 69% de remoção e uma concentração de efluente acima de 112 mg/L. O autor ainda relata, que nas proporções de 5%, o sistema foi fortemente afetado na eficiência de remoção de matéria orgânica e de NT. Nascentes et al. (2015) também obteve baixa eficiência de remoção de DQO com uma mistura de 5%, logo após o aumento de lixiviado, houve queda significativa de biodiversidade e redução na atividade dos microrganismos, após alguns dias a diversidade e a atividade se reestabeleciam no sistema, mostrando que apesar da introdução de

uma matriz mais complexa na alimentação dos reatores (lodos ativados), os microrganismos foram capazes de se adaptar.

Em relação aos padrões de lançamento de efluentes a DBO, no ensaio 2, atende à resolução CONSEMA n° 128/2006 e à CONAMA n° 430/2011, que exige um lançamento de 100 mg O₂/L e 120 mg O₂/L ou uma remoção de 60%. Já no parâmetro de DQO, apenas o ensaio 2A atende aos padrões, com uma concentração final de 22,42 mg O₂/L. Já os ensaios 2B e 2C ficaram com uma concentração final, acima de 700 mg O₂/L. O mínimo exigido para lançamento é uma concentração de até 300 mg O₂/L.

Foi verificada também uma baixa eficiência de remoção de cor. A média de remoção de cor foi de 89,75%. Neste contexto, o lixiviado pouco interferiu nas remoções de cor e em alguns parâmetros de matéria orgânica, porém em escala real, pode comprometer o desempenho da ETE.

As concentrações finais de cor verdadeira ficaram abaixo de 74 mg/L Co/Pt, de modo que atendem aos padrões de lançamento de efluentes exigidos pela resolução CONAMA n° 357/2005 para lançamento em corpos hídricos Classe II. O parâmetro de NT não atende a nenhuma resolução vigente, ficando com a menor eficiência de remoção neste ensaio. Verificou-se uma média de apenas 4,08% e uma remoção de até 68,69% no ensaio 2C. Porém devido a problemas no equipamento foi utilizada outra metodologia para medir este parâmetro, o que pode ter influenciado no resultado final, já que o método Kjeldall mede apenas o total de nitrogênio orgânico e o amoniacal. Faltariam ainda medir os nitritos e nitratos. A eficiência de remoção poderia aumentar se o tempo de contato com o O₃ fosse reduzido em 30 horas, alcançando assim uma média de 20,44%.

As maiores médias de remoções neste ensaio foram nos parâmetros de cor verdadeira e de DBO, com 89% e 91% respectivamente. Outros parâmetros registraram uma melhor eficiência de remoção com um contato inferior a 30 horas, principalmente nos parâmetros de NT e cor verdadeira. A figura 7 mostra as médias de remoções para o ensaio 2.

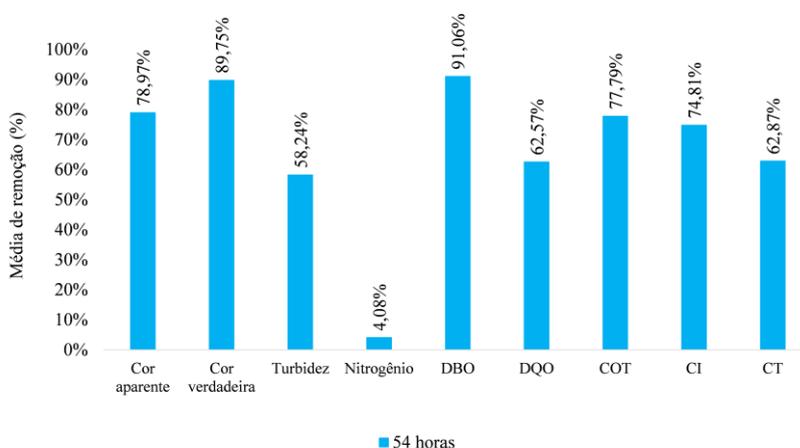


Figura 7. Média de remoção para todos os parâmetros do ensaio 2.

Comparação entre ensaios

O O₃ nas condições experimentais deste estudo, e de acordo com a metodologia adotada foi eficiente na remoção de cor e de matéria orgânica. Porém, ao adicionar 5% de lixiviado ao esgoto doméstico, houve uma diminuição da eficiência de remoção nos parâmetros de NT e Turbidez, mostrando-se uma concentração inviável, uma vez que não atendeu aos padrões de lançamentos exigidos pela legislação vigente e por apresentar baixa eficiência de remoção em alguns parâmetros de avaliação. O que poderia em escala real, aumentar muito os custos de tratamento dos efluentes.

Conclusão

A partir dos resultados adquiridos neste trabalho e nas condições experimentais deste estudo, pode-se concluir que:

- O O₃ mostrou-se bastante eficiente em escala piloto e em bateladas para o ensaio 1, mistura de 2% de lixiviado ao esgoto sanitário. Obtiveram-se médias de remoção de cor de até 98% e remoções de matéria orgânica acima de 73%.
- Com o aumento da concentração de lixiviado (5%) no esgoto doméstico, afetaram-se bastante alguns parâmetros de avaliação, principalmente o NT, turbidez e DQO. Considerou-se, para as condições estudadas que a concentração de 2% foi a mais indicada para tratamentos combinados de lixiviados e esgotos domésticos.
- Por meio dos resultados obtidos, o emprego de O₃ para a remoção de NT não foi adequado, uma vez que não houve em nenhum dos ensaios remoções significativas e ainda se analisado o fato do não atendimento à legislação vigente.
- Longos períodos de contato com o O₃ podem aumentar alguns parâmetros de avaliação, principalmente quando o efluente registrar altas concentrações de sólidos

Referências

ALBUQUERQUE, E. M. 2012. *Avaliação do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto sanitário em sistema de lodos ativados*. São Paulo, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (USP), 281 p.

BASSANI, F. 2010. *Monitoramento do lixiviado do aterro controlado de Maringá e avaliação da tratabilidade com coagulantes naturais, radiação ultravioleta (UV) e ozônio*. Maringá, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá, 158 p.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrão de lançamentos de efluentes complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Brasília, DF, 13 de maio de 2011.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, de 17 de março de 2005.

GOMES, L. P; CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (Org); FERNANDES, F.; FERREIRA, J. A.; JUCÁ, J. F T; LANGE, L. C; PESSIN, N; NETO, P. M. S.; ZANTA, V. M. 2006. *Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários*. Rio de Janeiro, RJ, ABES, 91p.

IWAI, C. K. 2005. *Tratamento de chorume através de percolação em solos empregados como material de cobertura de aterros para resíduos sólidos urbanos*. Bauru SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, 205 p.

KERLINGER, F. N. 1974. *Foundations of behavioral research*. 2. ed., New York, NY, Holt, Rinehart, 741p.

LANGE, C. L; AMARAL, M. C. S. 2009. RJ. Geração e Características do Lixiviado. In: L. P. GOMES (org.), *Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras*. Rio de Janeiro. Abes. p. 27-60.

NASCENTES A. L, NASCIMENTO MMP, BRASIL FC, CAMPOS JC, FERREIRA JA. 2015. Combined treatment of landfill leachate and domestic sewage - Operational and microbiological aspects. *Revista Teccen.*, **06** (1): 01-32.

NIERO, R. 2011. *Viabilidade do uso de ozônio no tratamento de efluentes têxteis. Estudo de caso: Ricciari confecções, Morro da Fumaça, Sc. Criciúma, SC*. 60 p.

PREETHI, V; KALYANI; K. S. P; IYAPPAN, K; SRINIVASAKANNAN, C; BALASUBRAMANIAN, N; VEDARAMAN, N. 2009. Ozonation of tannery effluent for removal of cod and color. *Journal of Hazardous Materials*, **166**(1):150–154. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.11.035>

RIO GRANDE DO SUL, CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - CONSEMA. Resolução nº 128 de 24 de novembro de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul. Brasília, DF, 24 de novembro de 2006.

SCHOENELL, E. K. 2013. *Aplicação de ozônio e ozônio + peróxido de hidrogênio para remoção de compostos recalcitrantes em lixiviados de aterros sanitários*. São Leopoldo, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 104 p.

SEEWALD, M. M. 2013. *Avaliação da remoção de cor e desinfecção de lixiviados de aterro sanitário utilizando ozônio e peróxido de hidrogênio*. São Leopoldo, RS. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 103 p.

SILVA, F. B. 2009. *Tratamento combinado de lixiviados de aterros sanitários*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado (UFRJ), 118 p.

SOUTO, G. D. B. 2009. *Lixiviados de Aterros Sanitários Brasileiros – estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste por ar (“stripping”)*. São Carlos, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP), 371 p. <https://doi.org/10.11606/T.18.2009.tde-19022009-121756>

TELLES, C. A. S. 2010. *Processos combinados para o tratamento de lixiviado de aterro sanitário*. Rio de Janeiro, RJ. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 149 p.

TURETTA, L. 2011. *Estudo da tratabilidade de efluente de reator anaeróbico e lixiviado de aterro sanitário utilizando o processo de lodos ativados*. São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (USP), 103 p. <https://doi.org/10.11606/D.18.2011.tde-04052012-163940>

UNITED NATIONS. 2013. *World Population Prospects: the 2012 Revision*. New York, NY, UN News Center, 93 p.

Submetido: 18/04/2017

Aceito: 06/12/2017